

ДИСКРЕТИЗАЦІЯ СКЛАДНИХ ПЕРІОДИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ЇХ ПРЯМОМУ ЦИФРОВОМУ СИНТЕЗУ

Коцержинський Б. О., д.т.н., проф.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Цифровий синтез складних періодичних коливань може бути виконаним за наступною простою схемою: у пам'яті зберігаються значення вибірок періоду коливань за певною частотою дискретизації, процесор у циклічному режимі зчитує із пам'яті вибірки і передає їх у цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), фільтр відновлює форму коливань (рис. 1).

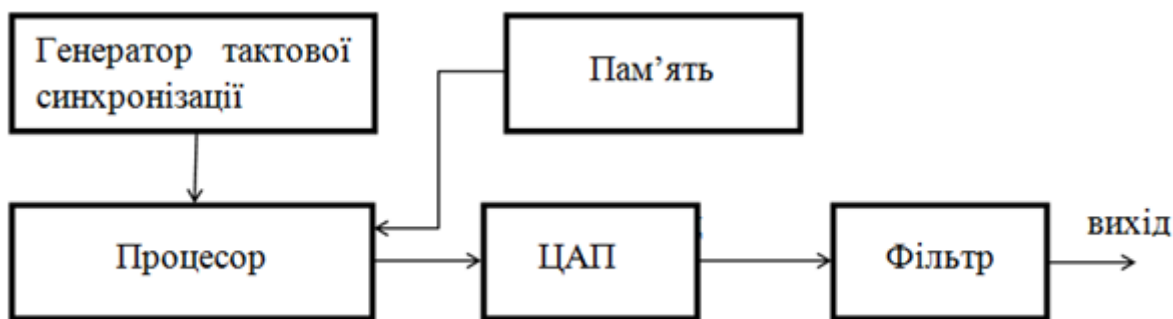


Рисунок 1. Простий цифровий синтез періодичних коливань

Якщо використати сигнальний процесор, у якому об'єднані тактовий генератор, пам'ять і процесор, то для створення синтезатора потрібні тільки зовнішні ЦАП і фільтр, а у разі потреби ще і підсилювач. Головна проблема полягає у створенні масиву вибірок, у виборі частоти дискретизації. Чим вона більша, тим точніше відтворюється форма періоду коливань, але збільшується розмір масиву вибірок, може не вистачити пам'яті і швидкодії процесора. Наприклад, для синтезу тестового телевізійного сигналу (рис. 2,3) з такими тривалостями: періоду 64 мкс, складової В2 10 мкс із фронтами по 80 нс, синус квадратичною складовою В1 160 нс,

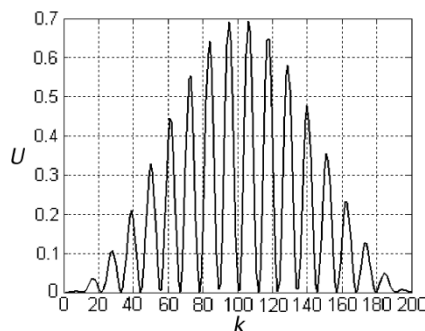
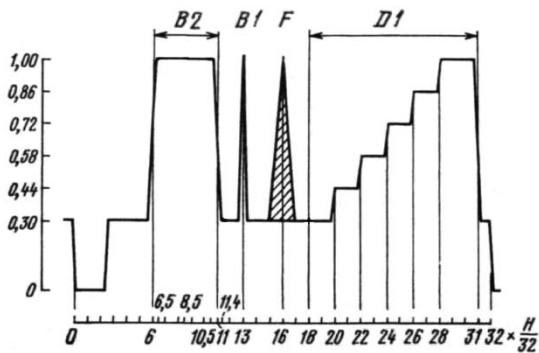


Рисунок 2. Тестовий телевізійний сигнал
Рисунок 3. Синусквадратичний імпульс F складової F 4 мкс і сходинкової складовою D1 26 мкс із лінійними фрон-

тами по 220 нс; складова F (рис. 3) — гармонічні модульовані коливання 4,43361875 МГц із синус квадратичною згинаючою зверху — частота дискретизації повинна щонайменше удвічі перевищувати найбільшу частотну складову спектру коливань, але бути такою, щоб не проминути найкоротшу складову (160 нс) і правильно відтворити імпульс F . Спектр сигналу (рис. 4) простягається до 5 МГц.

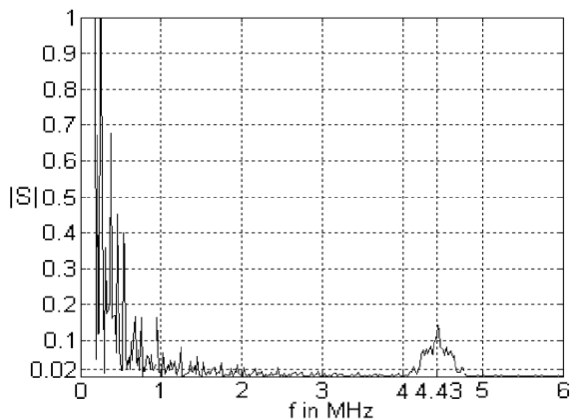


Рисунок 4. Частотний спектр сигналу

Виконані дослідження відтворення сигналу з різними частотами дискретизації fd 8, 16, 20, 32, 40 і 50 МГц. Найкращі результати були отримані для частоти дискретизації 50 МГц (рис.5), яка у 5 разів перевищує частоту Котельнікова $5 \cdot 2$ МГц, дозволяє мати до 8 вибірок для складової $B1$.

Відтворення сигналу було реалізовано у системі *Simulink* (рис. 5).

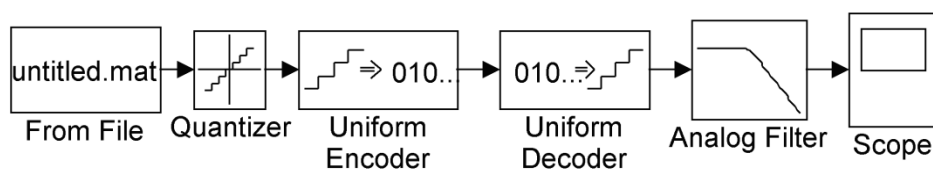


Рисунок 5. Модель синтезатора в системі Simulink.

Генераторний блок *FromFile* моделює роботу процесора з достатньою для виведення вибірки швидкістю. У файл записується розрахований масив вибірок сигналу для певної частоти дискретизації. Наступні три блоки моделюють роботу ЦАП. Блок *Quantizer* виконує квантування вибірки по рівнях з вибраним інтервалом, що в нашому випадку відповідає 10-ти розрядному ЦАП. Інші два блоки виконують 8-ми розрядне кодування та декодування сигналу, який зображується на першій осцилограмі блоку *Scope*. Квантований сигнал з блоку *Decoder* пропускається через ФНЧ трьох різних типів.

Дискретизація із $fd=8$ МГц недостатня для відтворення складових $B1$, F . Збільшення частоти удвічі (рис. 6, 7) мало покращає форму сигналу (дві виборки для $B1$ та три на період коливань F). Дискретизація із $fd=32$ МГц і з вибором фільтра правильно відтворює сигнал, але найкращі результати отримані із $fd=50$ МГц (8 вибірок для $B1$ та 11 на період коливань F) (рис. 8,9).

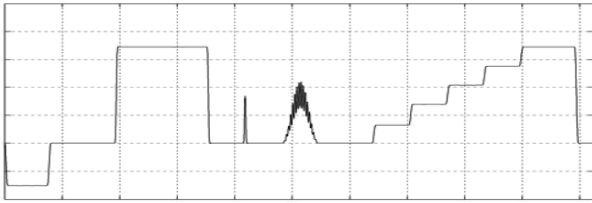


Рисунок 6. Відтворення сигналу
($f_d=16$ МГц)

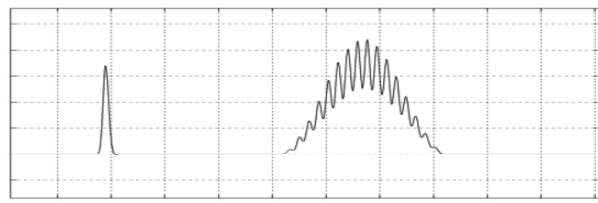


Рисунок 7. Складові B_1 та F
($f_d=16$ МГц)

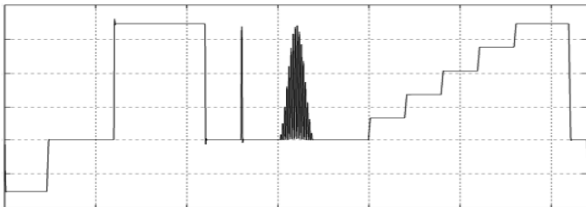


Рисунок 8. Відтворення сигналу
($f_d=50$ МГц)

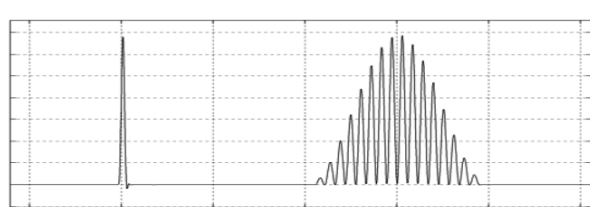


Рисунок 9. Складові B_1 та F
($f_d=50$ МГц)

Вибір частоти дискретизації сигналу з незкінченим спектром згідно теореми Котельникова може спрацювати, якщо у складному періодичному сигналі немає складових з малою тривалістю та із швидкими коливаннями, незначний внесок яких у спектр може суттєво впливати на форму сигналу, а отже і на вибір частоти дискретизації.

Анотація

Представлені результати дослідження вибору частоти дискретизації складних періодичних сигналів при їх прямому цифровому синтезу на прикладі синтезу тестового телевізійного сигналу. Показано, що для відтворення складових з малою тривалістю та швидкими коливаннями треба значно збільшувати частоту дискретизації.

Ключові слова: прямий цифровий синтез, синтезатор, дискретизація.

Аннотация

Представлены результаты исследования выбора частоты дискретизации сложных периодических сигналов при их прямом цифровом синтезу на примере тестового телевизионного сигнала. Показано, что для отображения составляющих с малой длительностью и быстрыми колебаниями необходимо значительно увеличивать частоту дискретизации.

Ключевые слова: прямой цифровой синтез, синтезатор, дискретизация.

Abstract

The sampling frequency choice research is given for the complicated periodic signals taking as an example test television signal direct digital synthesis. It's shown that sampling frequency must be increased essentially for short and fast components.

Keywords: signal direct digital synthesis, synthesizer, sampling.